Atenuação de sinal no Uso da Banda *Ka* para acesso à Internet via Satélite em Processos Remotos de Monitoração de Máquinas Operatrizes

Rolden Baptista[1], João Inácio da Silva Filho[2] e Carlos Nazareth Motta Marins[3]

[1]Aluno do Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica na Universidade Santa Cecília, Santos, ESP- BR.
[2]Professor do Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica na Universidade Santa Cecília, Santos, ESP-BR.
[3]Professor do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Telecomunicações no INATEL, Santa Rita do Sapucaí, EMG-BR.

Atualmente, os modernos meios de transmissão de sinais permitem que possam ser feitos o monitoramento e o controle em tempo real de máquinas operatrizes, mesmo a longa distância. O estudo de meios adequados à transmissão de sinais provenientes de instrumentos sensores para pontos muito distantes, sem desvanecimento, se apresenta como um novo desafio para as pesquisa em engenharia mecânica na área de automação e controle. Neste estudo, discute-se a alternativa de comunicação via satélite, que está sendo revolucionada com a exploração da banda *Ka*, principalmente na transmissão de dados e acesso à *Internet*. Esta nova tecnologia está globalizando e universalizando o acesso banda larga em lugares antes não possíveis. No entanto tem-se verificado que desvanecimento do sinal pela chuva é seu grande empecilho. Ainda neste trabalho, são apresentados estudos e discutidas algumas soluções nas quais são destacadas as formas de como está sendo contornado este grave problema de atenuação de sinal através de técnicas de Modulação e Codificação Adaptativas, Controle de Potência no *Up-link* e distribuição geográfica dos *gateways*.

Palavras chave
Transmissão de sinais, Banda-*Ka*, Satélite, Internet, automação e controle,VSAT.

Signal attenuation when using the Ka band for access to Satellite Internet for Remote Monitoring Processes Machine Tools

Currently the modern means of transmission of signals allows the made monitoring and real-time control of machines, even for long distances. The study of appropriate means for the transmission of signals from sensors instruments over long distances, without fading, presents itself as a new challenge for the research in mechanical engineering in the automation and control area. In this study, we present the alternative of satellite communications, which is being revolutionized with the exploration of Ka band, mainly in data transmission and Internet access. This new technology is globalizing and universalizing broadband access in places where, previously, it was not possible. The fading of the signal by rain is its major drawback, but it is being circumvented by Adaptive Coding and Modulation techniques, Power Control Up-link and the geographical distribution of gateways.

Keywords
Signal transmission, Ka-band, satellite, Internet, automation and control, VSAT.

INTRODUÇÃO

As técnicas que envolvem a monitoração e o controle de máquinas de modo remoto passam pelos processos tecnológicos ligados a engenharia de comunicação e pelos procedimentos adequados para transmitir sinais originados de sensores eletromecânicos a longa distância. Atualmente, se procuram novos caminhos que possam oferecer à área de automação e controle industrial tecnologias eficientes ligadas as transmissões sem fios. Esse novo seguimento de pesquisas que procura formas de monitorar sistemas e promover ações de controle a longa distância tem se voltado para as técnicas que envolvem transmissão de sinais via satélite, incorporadas à rede de computadores internet. Com a utilização de uma pequena antena, um modem e um computador pessoal conecta-se através de feixes diretivos a um satélite de altíssima tecnologia que por sua vez concentra num *gateway* a saída para a *Internet*.

Satélites Geoestacionários e a Banda *Ka*

Os satélites geoestacionários operam em variadas faixas de freqüência tais como as bandas C, *X*, *Ku*, *K* e mais recentemente a *Ka* (K *above*). A banda C é a grande protagonista e concentra a maior parte dos tipos de comunicação como *Truncking* (Telcos), *Broadcasting* (TV's) e *Networking* (bancos, empresas de petróleo e governo) com antenas receptoras grandes tipicamente da ordem de 1,8 a 2,4m de diâmetro. A banda *X* é usada especificamente para fins militares. Para as bandas *Ku* e *Ka* as antenas receptoras são tipicamente da ordem de 0,2 a 0,9m de diâmetro e operam principalmente no serviço de Televisão DTH (*Direct to Home*) e comunicação de dados com estações VSAT em aplicações corporativas.

Transmissão de Banda Larga *Ka* via *Internet*

Em diversos países, inclusive no Brasil, uma revolução na comunicação via satélite está ocorrendo através da exploração da banda *Ka* principalmente para transmissão de dados e mais especificamente nas conexões de acesso à *Internet*. Com alta robustez, alto desempenho e altíssima velocidade, este novo serviço está crescendo num ritmo muito rápido. Há um grande interesse entre os projetistas de rede por satélite em aplicações de tecnologias avançadas, visando aumentar a capacidade de manipulação de dados dos *transponders* dos satélites existentes e principalmente dos previstos. No entanto, alguns problemas deverão ser enfrentados e entre estes está o efeito de desvanecimento causado nos sinais.

O fenômeno conhecido como desvanecimento do sinal ocorre quando o feixe de ondas ao atravessar o seu meio de transmissão sofre alterações na sua amplitude e no seu percurso. Estas alterações são reconhecidas pelas atenuações e distorções nos dados transmitidos.

Aparecendo muito com a ocorrência de chuvas, o desvanecimento pode ser um fator limitante na utilização de transmissão de dados para controle remoto de máquinas industriais com transmissão a longa distancia via Banda *Ka* e *Internet*.

Objetivo

O objetivo deste trabalho é fazer um estudo dos principais fatores predominantes que irão promover a utilização de acesso à *internet* via satélite pela banda *Ka*, bem como as suas vantagens e desvantagens no que toca a um projeto de monitoração e controle de Máquinas Operatrizes a longas distâncias. Como objetivo secundário tem-se o encontro de novos

procedimentos para diminuir o fator de atenuação do desvanecimento quando na transmissão de dados que envolvem a metodologia de utilização de acesso à internet via satélite pela banda *Ka*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Estudos demonstram que os fatores que afetam a propagação de ligações de qualquer banda por satélite são: atenuação por chuvas, antena molhada, despolarização devido à chuva e gelo, absorção de gases, atenuação na nuvem, atenuação da camada de fusão e cintilação ionosférica [MARINS, 2004]. No entanto, segundo KOTA, SASTRI L.(2002, p. 60) dentre todos estes fatores, a atenuação por chuva é a mais significativa, principalmente em regiões de clima tropical e equatorial.

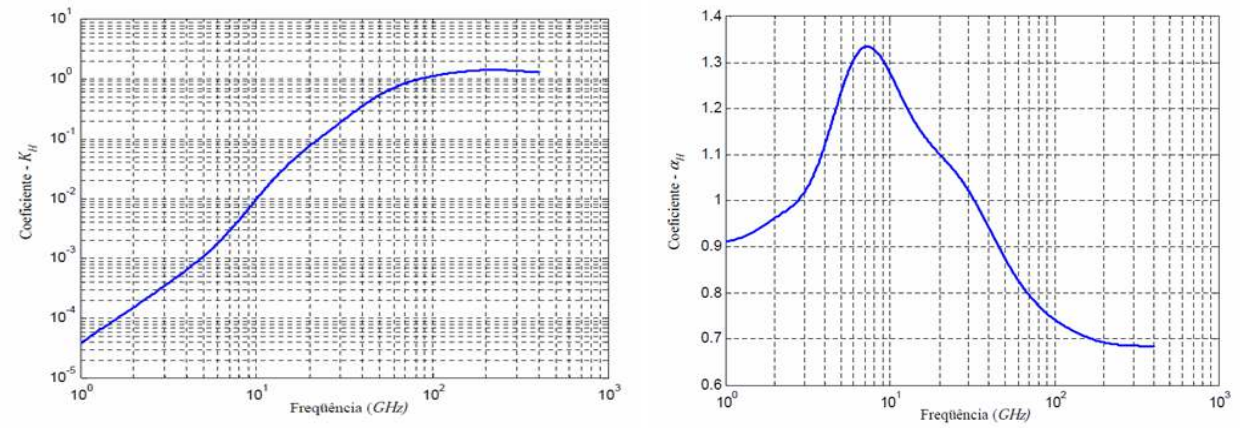
Neste trabalho, através de equações encontradas na literatura são elaborados cálculos sobre o fator de atenuação dos sinais em transmissão de banda larga *Ka* via *Internet*. Conforme visto por Marins, C.N.M. (2004, pp.110-117) na atenuação por chuva pode-se fazer um comparativo para cada banda de freqüência (*C*, *Ku*, *K* e *Ka*) através do fator de atenuação por chuva (Y_R) por enlace que é calculado através dos coeficientes numéricos *K*, α e a taxa pluviométrica, conforme apresentado na equação [KOTA, SASTRI L., 2002].

$$Y_R = K.\left(R_{0,01}\right)^{\alpha} \qquad (1)$$

onde: $R_{0,01}$ é a taxa pluviométrica para 0,01% da média anual, que neste breve comparativo utiliza-se o valor de 95mm/h.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos cálculos da equação (1) é feito o cruzamento dos coeficientes numéricos *K* e α com as referidas freqüências, onde obtém-se os valores dos coeficientes para cada banda (Figuras 1 e 2). Assim pode-se chegar a valores típicos para o fator de atenuação Y_R em cada banda, conforme a Tabela I.



(a) (b)

Fig. 1(a). Gráfico coeficiente K_H pela freqüência.
(b) Gráfico coeficiente α_H pela freqüência.
Fonte: (Marins, C.N.M , 2004, pp. 112-113).

Tabela I. Comparativo do fator de atenuação por chuva para cada banda.

Banda	Frequência (GHz)	K_H	α_H	γ_R (dB/km)(*)
C	4	0,0006	1,12	0,098446819
	8	0,004	1,32	1,631755745
Ku	12	0,001	1,25	0,296588636
	18	0,06	1,12	9,844681911
K	18	0,06	1,12	9,844681911
	26,5	0,15	1,06	18,72743424
Ka	26,5	0,15	1,06	18,72743424
	40	0,35	0,94	25,30044928

(*)Para 95mm/h

Fonte: Rolden Baptista (2012)

O comparativo da Tabela I mostra que o fator de atenuação fica mais alto para frequências muito altas. Tipicamente estes são os valores para as freqüências dos satélites geoestacionários para uma taxa pluviométrica em 0,01% da média anual em 95mm/h. Percebe-se que nas bandas *Ku*, *K* e *Ka* o fator de atenuação por chuva é muito mais alto se comparado com a banda C. Isto demonstra uma desvantagem do sistema para regiões com alta taxa pluviométrica. Verifica-se que a transmissão na freqüência da banda *Ka* é extremamente afetada por condições meteorológicas de chuvas fortes em regiões de clima tropical e equatorial, diferentemente da banda C na qual este efeito é muito baixo. Os cenários de desvanecimento de sinal do enlace do satélite pela chuva podem produzir diversas taxas de transmissão e recepção de dados variando de acordo com as tecnologias usadas para compensação, tais como a modulação e codificação adaptativas e o controle de potência no *UPLINK* [L.MORGAN,et al, 1993].

Conforme mostrado por IANNELLI (2010, pp. 2-5) para regiões de alto desvanecimento pela chuva pode-se melhorar a disponibilidade usando-se antenas maiores. Modulações de ordem superior estão sendo estudadas pelos projetistas para poder aumentar a quantidade de bits por segundo realizáveis por hertz (bps/Hz) em comparação com o QPSK (*QuadraturePhase Shift Key*). As modulações mais comuns de ordem superior disponíveis para comunicação via satélite são 16-APSK, 32-APSK (*Amplitude andPhase-Shift Keying*), 8-PSK (*Phase Shift Keying*) e 16-QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*).

Segundo Amir Yafe (2011) (*Digital Video Broadcasting-Satellite)* pode ser uma alternativa para a operação da banda Ka, pois através de um forte esquema de codificação baseado em VCM (*VariableCoding e Modulation)* e ACM (*AdaptativeCoding e Modulation*) otimizam a utilização da banda de transmissão. Um sistema de controle de potência no *UPLINK* basicamente pode prover uma compensação automática da EIRP (*EquivalentIsotropicRadiated Power)* em portadoras transmitidas de uma estação terrena.

O nível de EIRP da antena receptora do satélite é fixado pelo controle de potência no *UPLINK* com as compensações necessárias. O conceito deste dispositivo está primeiramente em se ter conhecimento do nível de potência utilizado no *UPLINK* numa condição sem desvanecimento, ou seja, de céu totalmente limpo de nuvens. Assim o sistema aumenta ou diminui a EIRP conforme a variação das condições do clima. Esta percepção da variação das condições do clima é tratada através de tensão CC (corrente contínua) percebida no receptor e assim através de um algoritmo de controle de EIRP as compensações necessárias são feitas numa tentativa de se voltar para as condições de EIRP sem desvanecimento (EUTELSAT, 2008).

CONCLUSÃO

Verifica-se que a globalização e a universalização do acesso à *Internet* encontra um grande aliado nesta nova tecnologia de comunicação via satélite disponível através da banda *Ka*. Atualmente um grande problema para a evolução das comunicações sem fio e também para as comunicações via satélite é a limitação do espectro de freqüência. Uma das grandes vantagens da utilização da Banda *Ka* se mostra na possibilidade do reuso de freqüência com feixes bastante diretivos denominados *spot-beams* que divide a área de cobertura como se fossem pequenas células com diâmetro da ordem de 500 km. Desta forma, cada diferente *gateway* se comunica com o satélite como se fosse uma sub-rede deste, operando de forma racional o recurso de espectro disponível. No entanto, diferentemente da banda C, na qual o efeito de atenuação é muito baixo, a grande desvantagem da utilização da comunicação via satélite na banda *Ka* ainda é o desvanecimento do sinal, principalmente pela chuva em regiões de clima tropical e equatorial como o Brasil. Esta desvantagem pode ser contornada por técnicas de Codificação e Modulação Adaptativas e Controle de Potência cujas metodologias deverão ser criteriosamente estudadas. Esse aumento significativo em pesquisas de aplicação da banda *Ka* em diversos campos do conhecimento mostra que o processo de transmissão de dados para os projetos que tratam de monitoração, automação e controle industrial de forma remota pode, em futuro próximo, ser suportado por essa banda interligada a *Internet*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KOTA, SASTRI L. "Quality of Service for Broadband Satellite internet – ATM and IP Services" Paper - *Department of Electrical and Information Engineering, Telecommunication Laboratory, University of Oulu,* pp. 25-60- 2002.

MARINS, C. N. M., "Estudo Analítico e Numérico de um Enlace Digital de Comunicação via Satélite em condição orbital Geoestacionária" - Inatel "Instituto Nacional de Telecomunicações", Dissertação de Mestrado, Santa Rita do Sapucaí, 2004, pp. 110-117. Disponível em: http://www2.inatel.br/mestrado/Dissertacoes/Carlos%20Nazareth%20Motta%20Marins.pdf consulta realizada em Março de 2012.

L.MORGAN, WALTER e D. GORDON, GARY "Principles of Communications Satellites" Wiley-*InterscicencePulication*, John Wiley & Sons, Inc, USA, pp. 101-184. 1993

IANNELLI, ANTONIO PAOLINO "Multiplicação da Capacidade: Uso de Spot-Beams em Banda *Ka*" – Apresentação StarOne, 2010, pp. 2-5. Disponível em http://www.sspi.com.br/portal/images/stories/pdfs/spectrumday2010/spectrum-day-2010-star-one-2.pdf consulta realizada em Junho de 2011.

AMIR YAFE "*Ka* versus Ku-band: what makes thedifference in VSAT technology?" Artigo técnico da Empresa Gilat - 2011, disponível em: www.satellite-evolution.com.Consulta realizada em Maio, 2012.

EUTELSAT - Information Notice 9 – System Operations Division – Note 2000/008/ - Subject: "USE OF UPPC (UP-LINK POWER CONTROL UNITS)", 2008.